

干涉法确定晶体压电坐标轴的正向

尹 鑫 邵宗书

(山东大学晶体材料研究所)

在测量晶体的压电系数时,首先要根据文献[1]的规定选定晶体的压电坐标系,同时还要确定实际晶体压电坐标轴的正向,方能测定晶体的压电系数及确定其正负号。为了准确、迅速地确定坐标轴的正向,我们利用晶体的反压电效应,采用干涉法进行了测量。这种方法迅速、准确、直观、且不破坏样品。

一、实验装置和测试原理

干涉法确定晶体压电坐标轴正向的实验装置如图1所示。

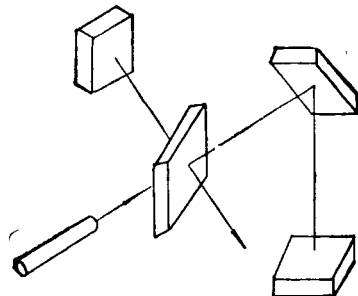


图 1

它的主体部分是一台泰曼干涉仪。将干涉仪分束后的一束光,通过一个 45° 反射镜垂直反射到干涉仪的台面上,在台面上装一样品台,样品台可通过调节微调螺丝在铅直方向上下移动。样品台上的晶体,其应变方向的端面镀上反射膜或放一重量很轻的全反镜,使光束沿原光路反射回去。

当调节微调螺丝使样品台在铅直方向上下移动时,由于干涉仪分束后的两束光的光程差发生变化,宏观看上去,等厚干涉条纹就发生移动。再在晶体的适当方向加一直流电场,由于

反压电效应,晶体发生了应变,同样可以改变两束光的光程差,使干涉条纹移动。

比较用两种方法使干涉条纹移动的方向。例如,等厚干涉条纹竖直分布,假如向上移动样品台,干涉条纹向左移动;再在晶体某一方向上加电场,若干涉条纹也向左移动,则晶体由反压电效应所引起的应变为正应变。

文献[1]规定:

(1) 在 $m, 2mm, 4mm, 4, 3, 3m, 6, 6mm$ 点群的晶体中,一个正的 d_{33} 决定了 Z 轴的正方向。

(2) 在 $3, 32, \bar{6}, \bar{6}m2$ 点群的晶体中,一个正的 d_{11} 决定了 X 轴的正方向。

(3) 在 $3m, \bar{6}$ 点群的晶体中,一个正的 d_{22} 决定了 Y 轴的正方向。

(4) 在 $\bar{4}2m$ 点群的晶体中,一个正的 d_{36} 决定了 X 和 Y 轴之间的区别。

(5) 在 $23, \bar{4}3m$ 点群的晶体中,任选三个结晶轴之一作为 Z 轴后,一个正的 $d_{14} = d_{36}$ 决定了如何选定 X 和 Y 轴。

(6) 在 $\bar{4}$ 点群的晶体中,一个正的 d_{31} 决定了 Z 轴的正方向。

规定(1),(2),(3)中,晶体压电系数 d 的两角标相同,我们简写为 d_{ii} 。根据反压电效应方程^[2]

$$S_i = d_{ii} E_i,$$

式中 S_i 为晶体发生的应变, E_i 为晶体上所加的电场,可以看出这时晶体的应变方向与电场方向相同。按照 d_{ii} 必须为正号的规定,又根据反压电效应方程,则晶体上所加电场方向为正方向时,晶体产生正应变,这时晶体上所加电场方向即为 i 轴的正方向。

规定(4)中, $\bar{4}2m$ 点群晶体的压电系数的

矩阵形式为

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & d_{14} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d_{25} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d_{36} \end{pmatrix}.$$

如果将坐标轴绕 Z 轴逆时针转 45° 时, 则在新坐标系中, 压电系数的矩阵形式为

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d'_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -d'_{15} & 0 & 0 \\ d'_{31} & -d'_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

其中 $d'_{31} = \frac{1}{2} d_{36}$. 新坐标系中, 晶体的反压电效应方程为

$$S'_i = d'_{31} E_3.$$

可以看出, 沿 Z 方向加电场时, 晶体的应变方向为 X' 方向, 即 $X \rightarrow Y 45^\circ$ 方向. 按照规定, $d'_{31} = \frac{1}{2} d_{36}$ 必须为正, 又根据反压电效应方程, E_3 为正时, X' 方向的应变为正应变. 首先, 选定 E_3 方向为 Z 轴正向, 正应变方向为 X' 的正向, X 和 Y 轴分别与 X' 成 45° , 再根据右手螺旋法测定出 X 和 Y 轴及其正向.

规定(5)中的 23 和 $\bar{4}3m$ 点群的晶体, 可用类似的方法确定 X 轴和 Y 轴.

规定(6)中的 $\bar{4}$ 点群的晶体, 不用作坐标变换, 用类似的方法就可以定出 Z 轴的正向.

二、实 验

LiIO_3 晶体属点群 6 , 我们在 Z 方向加电

(上接第 260 页)

子系统本身对电子-声子相互作用过程的影响等等. 在这些问题上开展进一步的理论工作和实验工作无疑是非常必要的.

- [1] E. O. Göbel et al., *Phys. Rev. Lett.*, 51(1983), 1588.
 [2] J. Christen et al., *Appl. Phys. Lett.*, 44(1984), 84.
 [3] 徐仲英、梁基本、许继宗、郑宝真、徐俊英、李玉璋、曾一平、葛惟愷, *半导体学报*, 8(1987), 342.
 [4] Y. Arakawa et al., *Appl. Phys. Lett.*, 46(1985), 519.
 [5] J. Christen, D. Bimberg, *Surface Science*, 174(1986),

场, 利用 Z 方向发生的应变确定了 Z 轴的正向.

用相同的方法确定了 $\text{Pb}(\text{TiZr})\text{O}_3$ 陶瓷极轴方向的正向.

LiNbO_3 晶体属 $3m$ 点群, 我们在 Y 方向加电场, 利用 Y 方向发生的应变确定了 Y 轴的正向.

ADP, KDP 晶体属 $\bar{4}2m$ 点群, 我们在 Z 方向加电场, 利用 $X \rightarrow Y 45^\circ$ 方向发生的应变, 区别了晶体 X 轴和 Y 轴, 并确定了其正向.

三、讨 论

对于压电系数较小的晶体, 要用上述方法直接确定其坐标轴的正向可能有困难, 但是可以仿照文献[3]中的实验装置, 在光路中置一电光晶体 DKDP, 用电光晶体的电光效应所引起的光程变化, 补偿压电晶体的反压电效应所引起的光程变化, 确定压电系数较小的晶体的坐标轴的正向. 我们用以上压电晶体样品, 在晶体上加较低的电压(几十伏到几百伏), 确定过压电晶体坐标轴的正向, 其结果与直接确定的结果相同.

- [1] *Pro. IRE*, 37 (1949), 1378.
 [2] 蒋民华, *晶体物理*, 山东科学技术出版社, (1980) 144.
 [3] 尹鑫、邵宗书, *人工晶体*, 15-3(1986), 215.
 [6] P. Dawson et al., *Superlattices and Microstructures*, 1(1985), 173.
 [7] J. E. Fouquet et al., *Appl. Phys. Lett.*, 46(1985), 374.
 [8] Z. Y. Xu and C. L. Tang, *Appl. Phys. Lett.*, 44 (1984), 692.
 [9] 徐仲英、李玉璋、徐俊英、许继宗、郑宝真、庄蔚华、葛惟愷 *物理学报*, 36-10(1987), 1330.
 [10] J. F. Ryan et al., *Phys. Rev. Lett.*, 53(1984), 1841.
 [11] J. Shah et al., *Physica B*, 134 (1985), 174.